

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

| | | |
|--|---|---|
| Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 13197.3 PV | POUR SUITE voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après A DONNER | |
| Demande internationale n° PCT/FR 99/02979 | Date du dépôt international (jour/mois/année) 01/12/1999 | (Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 02/12/1998 |
| Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al. | | |

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau International.

Ce rapport de recherche internationale comprend 3 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la langue, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.
- ☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.
- b. En ce qui concerne les séquences de nucléotides ou d'acides aminés divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :
- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remise ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remise ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le titre,

- ☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.
- ☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'abrégé,

- ☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant
- ☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

- ☒ suggérée par le déposant.
- ☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.
- ☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

1

☐ Aucune des figures n'est à publier.

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PC 99/02979

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 C30B33/00 C30B25/02 C30B29/04 C30B29/36

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 C30B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-----------|---|-------------------------------|
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 362 (C-0971), 5 août 1992 (1992-08-05) & JP 04 114995 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 15 avril 1992 (1992-04-15) abrégé | 1,2,5,6 |
| A | FR 2 757 183 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 juin 1998 (1998-06-19) cité dans la demande page 13, ligne 22; revendications 1,3; figure 6 page 15, ligne 12 - ligne 16 | 1,2,5,6 |
| | -/- | |

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

*** Catégories spéciales de documents cités:**

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "A" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

14 février 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

22/02/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Cook, S

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-----------|--|-------------------------------|
| A | <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 329 (C-0963), 17 juillet 1992 (1992-07-17) & JP 04 092893 A (FUAIN SERAMITSUKUSU SENTAA), 25 mars 1992 (1992-03-25) abrégé</p> | 1,2,5,6 |
| A | <p>KACKELL P ET AL: "Polytypism and surface structure of SiC" DIAMOND AND RELATED MATERIALS, vol. 6, no. 10, 1 août 1997 (1997-08-01), page 1346-1348 XP004096938 ISSN: 0925-9635</p> | |
| A | <p>KAWARADA H ET AL: "HETEROEPITAXIAL GROWTH OF SMOOTH AND CONTINUOUS DIAMOND THIN FILMS ON SILICON SUBSTRATES VIA HIGH QUALITY SILICON CARBIDE BUFFER LAYERS" APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 66, no. 5, 30 janvier 1995 (1995-01-30), pages 583-585, XP000489804 ISSN: 0003-6951</p> | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PC 99/02979

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|-----------|---------------------|
| JP 04114995 | A | 15-04-1992 | NONE | | |
| FR 2757183 | A | 19-06-1998 | EP | 0944916 A | 29-09-1999 |
| | | | WO | 9827578 A | 25-06-1998 |
| JP 04092893 | A | 25-03-1992 | JP | 2895179 B | 24-05-1999 |

La demande d'examen préliminaire international doit être présentée directement à l'administration chargée de l'examen préliminaire international qui est compétente ou, si plusieurs administrations sont compétentes, à l'une d'entre elles, au choix du déposant. Le déposant peut indiquer le nom complet ou le code à deux lettres de cette administration au dessus de la ligne qui suit :

IPEA/

PCT

CHAPITRE II

DEMANDE D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

selon l'article 31 du Traité de coopération en matière de brevets :

Le soussigné requiert que la demande internationale spécifiée ci-après fasse l'objet d'un examen préliminaire international conformément au Traité de coopération en matière de brevets et fait élection de tous les États éligibles sauf indication contraire.

Réservé à l'administration chargée de l'examen préliminaire international

| | | | |
|---|---|---|--|
| Administration chargée de l'examen préliminaire international | | Date de réception de la demande d'examen préliminaire international | |
| Cadre n° I IDENTIFICATION DE LA DEMANDE INTERNATIONALE | | Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 13197.3 PV | |
| Demande internationale n° PCT/FR99/02979 | Date du dépôt international (jour/mois/année) 01 décembre 1999, (01.12.99) | Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 02 décembre 1998 (02.12.98) | |
| Titre de l'invention COUCHE MONOATOMIQUE ET MONOCRISTALLINE DE GRANDE TAILLE, EN CARBONE DE TYPE DIAMANT, ET PROCEDE DE FABRICATION DE CETTE COUCHE | | | |
| Cadre n° II DÉPOSANT(S) | | | |
| Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.) COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31-33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème FRANCE | | n° de téléphone 01 69 08 82 93 | |
| | | n° de télécopieur 01 69 08 82 92 | |
| | | n° de téléimprimeur | |
| Nationalité (nom de l'État) : FR | | Domicile (nom de l'État) : FR | |
| Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.) CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE 3, rue Michel Ange 75794 PARIS CEDEX 16 FRANCE | | | |
| Nationalité (nom de l'État) : FR | | Domicile (nom de l'État) : FR | |
| Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.) DERYCKE Vincent Résidence Hermitage 16, avenue Charles de Gaulle 78230 LE PECQ FRANCE | | | |
| Nationalité (nom de l'État) : FR | | Domicile (nom de l'État) : FR | |
| <input type="checkbox"/> D'autres déposants sont indiqués sur une feuille annexe. | | | |

Suite du cadre n° II DÉPOSANT(S)

Si aucun des sous-cadres suivants n'est utilisé, cette feuille ne doit pas être incluse dans la demande d'examen préliminaire international

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

DUJARDIN Gérald
15, allée Paul Eluard
92290 CHATENAY MALABRY
FRANCE

Nationalité (nom de l'État) : FR

Domicile (nom de l'État) : FR

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

MAYNE Andrew
Bât. C, Résidence Jessica
21, rue des Iris
92160 ANTONY
FRANCE

Nationalité (nom de l'État) : FR

Domicile (nom de l'État) : FR

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

SOUKIASIAN Patrick
18, rue Alexandre Dumas
78470 SAINT REMY LES CHEVREUSE
FRANCE

Nationalité (nom de l'État) : FR

Domicile (nom de l'État) : FR

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

Nationalité (nom de l'État) :

Domicile (nom de l'État) :

☐ D'autres déposants sont indiqués sur une autre feuille annexe.

Cadre n° III MANDATAIRE OU REPRÉSENTANT COMMUN; OU ADRESSE POUR LA CORRESPONDANCE

La personne indiquée ci-dessous est ☒ mandataire ☐ représentant commun

et ☒ a été désignée à une date antérieure; elle représente aussi le ou les déposants pour l'examen préliminaire international.

☐ est désignée par la présente; toute désignation antérieure de mandataires ou d'un représentant commun est de ce fait révoquée.

☐ est désignée par la présente, spécialement pour la procédure devant l'administration chargée de l'examen préliminaire international, en sus du ou des mandataires ou du représentant commun désignés antérieurement.

Nom et adresse : (Nom de famille suivi du prénom; pour une personne morale, désignation officielle complète. L'adresse doit comprendre le code postal et le nom du pays.)

LEHU Jean
c/o BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 PARIS
FRANCE

n° de téléphone

01 53 83 94 00

n° de télécopieur

01 45 63 83 33

n° de téléimprimeur

☐ Adresse pour la correspondance : cocher cette case lorsque aucun mandataire ni représentant commun n'est ou n'a été désigné et que l'espace ci-dessus est utilisé pour indiquer une adresse spéciale à laquelle la correspondance doit être envoyée.

Cadre n° IV BASE DE L'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Déclaration concernant les modifications : *

1. Le déposant souhaite que l'examen préliminaire international commence sur la base suivante :

☐ la demande internationale telle qu'elle a été déposée initialement

la description

☐ telle qu'elle a été déposée initialement

☐ telle qu'elle a été modifiée en vertu de l'article 34

les revendications

☐ telles qu'elles ont été déposées initialement

☐ telles qu'elles ont été modifiées en vertu de l'article 19 (avec, le cas échéant, la déclaration jointe aux modifications)

☐ telles qu'elles ont été modifiées en vertu de l'article 34

les dessins

☐ tels qu'ils ont été déposés initialement

☐ tels qu'ils ont été modifiés en vertu de l'article 34

2. ☐ Le déposant souhaite que les modifications apportées aux revendications en vertu de l'article 19 soient considérées comme écartées.

3. ☐ Le déposant souhaite que le commencement de l'examen préliminaire international soit différé jusqu'à l'expiration d'un délai de 20 mois à compter de la date de priorité, à moins que l'administration chargée de l'examen préliminaire international ne reçoive une copie des modifications effectuées en vertu de l'article 19 ou une déclaration du déposant, aux termes de laquelle celui-ci ne souhaite pas effectuer de modifications en vertu de l'article 19 (règle 69.1.d)). (Ne pas cocher cette case lorsque le délai visé à l'article 19 a expiré.)

* Lorsque aucune case n'est cochée, l'examen préliminaire international commencera sur la base de la demande internationale telle qu'elle a été déposée initialement ou, si l'administration chargée de l'examen préliminaire international reçoit copie des modifications apportées aux revendications en vertu de l'article 19 ou des modifications apportées à la demande internationale en vertu de l'article 34 avant d'avoir commencé à rédiger une opinion écrite ou le rapport d'examen préliminaire international, sur la base de la demande internationale ainsi modifiée.

Langue : l'examen préliminaire international sera effectué en Français, qui est

☒ la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée.

☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale.

☐ la langue de publication de la demande internationale.

☐ la langue de la traduction (qui va être) remise aux fins de l'examen préliminaire international.

Cadre n° V ÉLECTION D'ÉTATS

Le déposant élit tous les États éligibles (c'est-à-dire tous les États qui ont été désignés et qui sont liés par le chapitre II du PCT) à l'exclusion des États ci-après que le déposant souhaite ne pas élire :

Cadre n° VI BORDEREAU

Aux fins de l'examen préliminaire international, les éléments suivants, établis dans la langue indiquée au cadre n° IV, sont joints à la présente demande d'examen :

- | | | |
|--|---|----------|
| 1. traduction de la demande internationale | : | feuilles |
| 2. modifications selon l'article 34 | : | feuilles |
| 3. copie (ou, si elle est exigée, traduction) des modifications selon l'article 19 | : | feuilles |
| 4. copie (ou, si elle est exigée, traduction) de la déclaration selon l'article 19 | : | feuilles |
| 5. lettre | : | feuilles |
| 6. autres pièces (préciser) | : | feuilles |

Réservé à l'administration chargée de l'examen préliminaire international

reçu non reçu

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Le ou les éléments cochés ci-après sont aussi joints à la demande d'examen préliminaire international :

- | | |
|---|---|
| 1. <input checked="" type="checkbox"/> feuille de calcul des taxes | 4. <input type="checkbox"/> explication de l'absence d'une signature |
| 2. <input type="checkbox"/> pouvoir distinct signé | 5. <input type="checkbox"/> listage des séquences de nucléotides ou d'acides aminés sous forme déchiffable par ordinateur |
| 3. <input type="checkbox"/> copie du pouvoir général; numéro de référence, le cas échéant : | 6. <input type="checkbox"/> autres éléments (préciser) : |

Cadre n° VII SIGNATURE DU DÉPOSANT, DU MANDATAIRE OU DU REPRÉSENTANT COMMUN

À côté de chaque signature, indiquer le nom du signataire et, si cela n'apparaît pas clairement à la lecture de la demande d'examen préliminaire international, à quel titre l'intéressé signe.

J. LEHU

Réservé à l'administration chargée de l'examen préliminaire international

- | | |
|--|--|
| 1. Date effective de réception de la DEMANDE D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL : | |
| 2. Date modifiée de réception de la demande d'examen préliminaire international, en cas de CORRECTIONS apportées en vertu de la règle 60.1.b) : | |
| 3. <input type="checkbox"/> La demande d'examen préliminaire international a été reçue PLUS DE 19 mois après la date de priorité et les points 4 et 5 ne sont pas applicables. | <input type="checkbox"/> Le déposant a été informé en conséquence. |
| 4. <input type="checkbox"/> La demande d'examen préliminaire international a été reçue dans le délai de 19 mois à compter de la date de priorité, prorogé en vertu de la règle 80.5. | |
| 5. <input type="checkbox"/> Bien que la demande d'examen préliminaire international ait été reçue plus de 19 mois après la date de priorité, le retard à l'arrivée est EXCUSE en vertu de la règle 82. | |

Réservé au Bureau international

Demande d'examen préliminaire international reçue de l'administration chargée de l'examen préliminaire international le :

TRAITE D'COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

REC'D 30 AUG 2000

WIPO

PCT

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

51



| | | |
|---|--|--|
| Référence du dossier du déposant ou du mandataire B 13197.3 PV | POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416) | |
| Demande internationale n° PCT/FR99/02979 | Date du dépôt international (jour/mois/année) 01/12/1999 | Date de priorité (jour/mois/année) 02/12/1998 |
| Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB C30B33/00 | | |
| Déposant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al. | | |

- Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
- Ce RAPPORT comprend 5 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
 - ☐ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent feuilles.

- Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☐ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☐ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☐ Observations relatives à la demande internationale

| | |
|--|--|
| Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 24/06/2000 | Date d'achèvement du présent rapport 28.08.2000 |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465 | Fonctionnaire autorisé Mauger, J N° de téléphone +49 89 2399 8447  |

**RAPPORT D'EXAMEN
PRELIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR99/02979

I. Bas du rapport

1. Ce rapport a été rédigé sur la base des éléments ci-après (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées, dans le présent rapport, comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications.*) :

Description, pages:

1-13 version initiale

Revendications, N°:

1-11 version initiale

Dessins, feuilles:

1/1 version initiale

2. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description, pages :
☐ des revendications, n°s :
☐ des dessins, feuilles :

3. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

4. Observations complémentaires, le cas échéant :

Demande internationale n° PCT/FR99/02979

1. Déclaration

Non : Revendications

Non : Revendications

Non : Revendications

voir feuille séparée

Concernant le point V**Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration**

- 1) Il est fait référence au document suivant:

D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 362 (C-0971), 5 août 1992 (1992-08-05) & JP 04 114995 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 15 avril 1992 (1992-04-15)

- 2) La demande définit une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant formée sur la surface d'un substrat monocristallin en SiC (revendication 1) et un procédé de fabrication de la couche (revendication 5).
- 3) Le document D1, qui est considéré comme l'état de la technique le plus proche, décrit une couche monocristalline de carbone de type diamant formée sur la surface d'un substrat monocristallin en SiC (voir abrégé). Le procédé du document D1 comprend l'irradiation d'un substrat monocristallin en Si avec des ions de carbone. On prépare ensuite une surface monocristalline en SiC par recuit thermique. Le dépôt de carbone de type diamant est formée sur la surface du SiC.
- La couche de carbone de type diamant formée dans le procédé du document D1 n'est pas monoatomique et le procédé du document D1 ne comprend pas un recuit à une température apte à transformer une surface de SiC terminée par une couche de C en une couche monoatomique de carbone de type diamant. Une température d' environ 1250°C est évidemment nécessaire pour effectuer la transformation. La température maximale mentionnée dans le document est 1150°C. L'objet des revendications 1-11 est donc nouveau (article 33(2) PCT).
- 4) Le problème que se propose de résoudre la présente invention peut être considéré comme étant la proposition d'une structure qui est une excellente base pour la croissance d'une couche de diamant de très haute qualité.
- Une structure avec une couche monoatomique de carbone de type diamant à une désaccord de maille plus faible par apport à une couche de diamant qu'une

surface de SiC non-transformée. La qualité d'une couche de diamant déposé sur la structure revendiquée est donc augmentée.

Il ne'est nulle part suggéré dans l'état de la technique qu'il est possible de transformer une surface de SiC terminée par une couche de carbone en une couche monoatomique de carbone de type diamant. La proposition d'une telle structure implique donc une activité inventive et l'objet des revendications 1-11 est inventif (article 33(3) PCT).

0

Translation
09/856211

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

| | | |
|---|---|--|
| Applicant's or agent's file reference B 13197.3 PV | FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416) | |
| International application No. PCT/FR99/02979 | International filing date (<i>day/month/year</i>) 01 December 1999 (01.12.99) | Priority date (<i>day/month/year</i>) 02 December 1998 (02.12.98) |
| International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC C30B 33/00, 25/02, 29/04, 29/36 | | |
| Applicant COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE | | |

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

☐ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of _____ sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand

Date of completion of this report

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR99/02979

I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-13, as originally filed,
pages _____, filed with the demand,
pages _____, filed with the letter of _____,
pages _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the claims, Nos. 1-11, as originally filed,
Nos. _____, as amended under Article 19,
Nos. _____, filed with the demand,
Nos. _____, filed with the letter of _____,
Nos. _____, filed with the letter of _____.
- ☒ the drawings, sheets/fig 1/1, as originally filed,
sheets/fig _____, filed with the demand,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____,
sheets/fig _____, filed with the letter of _____.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR 99/02979

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement**1. Statement**

| | | | |
|-------------------------------|--------|------|-----|
| Novelty (N) | Claims | 1-11 | YES |
| | Claims | | NO |
| Inventive step (IS) | Claims | 1-11 | YES |
| | Claims | | NO |
| Industrial applicability (IA) | Claims | 1-11 | YES |
| | Claims | | NO |

2. Citations and explanations

1) Reference is made to the following document:

D1: PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 362 (C-0971), 5 August 1992 (1992-08-05) & JP 04 114995 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 15 April 1992 (1992-04-15)

2) The application defines a monoatomic and monocrystalline film made of diamond-like carbon formed on the surface of a monocrystalline SiC substrate (Claim 1) and a method for producing said film (Claim 5).

3) Document D1, which is considered to be the closest prior art, describes a monocrystalline film made of diamond-like carbon formed on the surface of a monocrystalline SiC substrate (see abstract). The method of document D1 comprises the irradiation of a monocrystalline Si substrate with carbon ions. Next, a monocrystalline SiC surface is prepared by thermal annealing. The diamond-like carbon deposit is formed on the SiC surface. The diamond-like carbon film formed in the method of document D1 is not monoatomic and the method of

document D1 does not comprise annealing at a temperature capable of transforming an SiC surface coated with a C film into a monoatomic film of diamond-like carbon. A temperature of approximately 1250°C is obviously necessary to carry out said transformation. The maximum temperature mentioned in the document is 1150°C. The subject matter of Claims 1-11 is therefore novel (PCT Article 33(2)).

- 4) The problem to be solved by the present invention can be considered as being that of providing a structure that is an excellent base for the growth of a very high-quality diamond film. A structure with a monoatomic film of diamond-like carbon has a lower lattice unconformity relative to a diamond film than a non-transformed SiC surface. The quality of a diamond film deposited on the structure claimed is thus enhanced.
- It is not suggested anywhere in the prior art that it is possible to transform an SiC surface coated with a carbon film into a monoatomic diamond-like carbon film. Proposing such a structure therefore involves an inventive step and the subject matter of Claims 1-11 is inventive (PCT Article 33(3)).

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

Expéditeur: L'ADMINISTRATION CHARGÉE DE
L'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

PCT

Destinataire:

LEHU, JEAN
BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
F-75008 Paris
FRANCE

BREVATOME

30 AOUT 2000

3, rue du Docteur Lancereaux
75008 PARIS

NOTIFICATION DE TRANSMISSION DU
RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE
INTERNATIONAL
(règle 71.1 du PCT)

Date d'expédition
(jour/mois/année) 28.08.2000

Référence du dossier du déposant ou du mandataire
B 13197.3 PV

NOTIFICATION IMPORTANTE

Demande internationale No.
PCT/FR99/02979

Date du dépôt international (jour/mois/année)
01/12/1999

Date de priorité (jour/mois/année)
02/12/1998

Déposant
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE et al.

1. Il est notifié au déposant que l'administration chargée de l'examen préliminaire international a établi le rapport d'examen préliminaire international pour la demande internationale et le lui transmet ci-joint, accompagné, le cas échéant, de ces annexes.
2. Une copie du présent rapport et, le cas échéant, de ses annexes est transmise au Bureau international pour communication à tous les offices élus.
3. Si tel ou tel office élu l'exige, le Bureau international établira une traduction en langue anglaise du rapport (à l'exclusion des annexes de celui-ci) et la transmettra aux offices intéressés.
4. **RAPPEL**

Pour aborder la phase nationale auprès de chaque office élu, le déposant doit accomplir certains actes (dépôt de traduction et paiement des taxes nationales) dans le délai de 30 mois à compter de la date de priorité (ou plus tard pour ce qui concerne certains offices) (article 39.1) (voir aussi le rappel envoyé par le Bureau international dans le formulaire PCT/IB/301).

Lorsqu'une traduction de la demande internationale doit être remise à un office élu, elle doit comporter la traduction de toute annexe du rapport d'examen préliminaire international. Il appartient au déposant d'établir la traduction en question et de la remettre directement à chaque office élu intéressé.

Pour plus de précisions en ce qui concerne les délais applicables et les exigences des offices élus, voir le Volume II du Guide du déposant du PCT.

Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international

 Office européen des brevets
D-80298 Munich
Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Fonctionnaire autorisé

Hundt, D

Tél. +49 89 2399-8042





DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

| | | | |
|--|----|--|---|
| (51) Classification internationale des brevets ⁷ : C30B 33/00, 25/02, 29/04, 29/36 | A1 | (11) Numéro de publication internationale: WO 00/32853 | (43) Date de publication internationale: 8 juin 2000 (08.06.00) |
|--|----|--|---|

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/02979

(22) Date de dépôt international: 1er décembre 1999 (01.12.99)

(30) Données relatives à la priorité:

98/15218 2 décembre 1998 (02.12.98) FR

(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US): COMMIS-SARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15^{ème} (FR). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (US seulement): DERYCKE, Vincent [FR/FR]; Résidence Hermitage, 16 avenue Charles De Gaulle, F-78230 Le Pecq (FR). DUJARDIN, Gérald [FR/FR]; 15, allée Paul Eluard, F-92290 Châtenay Malabry (FR). MAYNE, Andrew [FR/FR]; Bât C, Résidence Jessica, 21 rue des Iris, F-92160 Antony (FR). SOUKIASSIAN, Patrick [FR/FR]; 18, rue Alexandre Dumas, F-78470 Saint Rémy Les Chevreuse (FR).

(74) Mandataire: LEHU, Jean; Brevatome, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

(81) Etats désignés: CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Publiée

Avec rapport de recherche internationale.

(54) Title: LARGE-SIZE MONOATOMIC AND MONOCRYSTALLINE LAYER, MADE OF DIAMOND-TYPE CARBON AND DEVICE FOR MAKING SAME

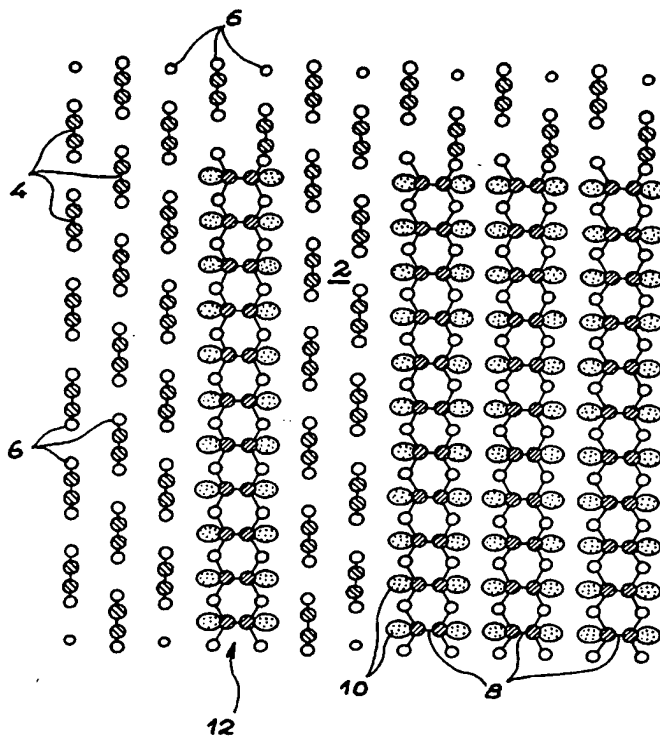
(54) Titre: COUCHE MONOATOMIQUE ET MONOCRISTALLINE DE GRANDE TAILLE, EN CARBONE DE TYPE DIAMANT, ET PROCEDE DE FABRICATION DE CETTE COUCHE

(57) Abstract

The invention concerns a method which consists in forming a monocrystalline SiC substrate (2) ending in a carbon atomic plane according to a c(2x2) reconstruction and in at least annealing the substrate, for transforming said atomic plane, which is a plane of C=C dimers (4) with sp configuration, into a plane of C-C dimers (8) with sp³ configuration. The invention is applicable in microelectronics, optics, optoelectronics, micromechanics and to biological materials.

(57) Abrégé

Selon l'invention, on forme un substrat monocristallin (2) en SiC terminé par un plan atomique de carbone selon une reconstruction c(2x2) et on effectue au moins un recuit du substrat, apte à transformer ce plan atomique, qui est un plan de dimères C=C (4) de configuration sp, en un plan de dimères C-C (8) de configuration sp³. Application à la microélectronique, l'optique, l'optoélectronique, la micromécanique et aux biomatériaux.



COUCHE MONOATOMIQUE ET MONOCRISTALLINE DE GRANDE
TAILLE, EN CARBONE DE TYPE DIAMANT, ET PROCÉDÉ DE
FABRICATION DE CETTE COUCHE

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention concerne une couche monoatomique et monocristalline en carbone de type diamant, ainsi qu'un procédé de fabrication de cette couche.

10 ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Le diamant existe à l'état naturel mais est très rare et coûteux. De plus, les diamants naturels disponibles ont des dimensions relativement faibles, ce qui limite leur emploi dans l'industrie, leur principal
15 débouché restant la joaillerie.

Ceci a conduit à rechercher des procédés de fabrication artificielle du diamant.

En effet, le diamant est, de très loin, le meilleur semiconducteur possible pour l'industrie
20 électronique. Il surclasse le silicium et les composés semiconducteurs III-V d'au moins quatre ordres de grandeur en termes de facteur de qualité (en particulier en ce qui concerne l'électronique rapide, les grandes puissances et les hautes températures).

C'est aussi un matériau biocompatible et d'une grande dureté.

Toutefois, pour pouvoir l'utiliser, il faut impérativement disposer de monocristaux de diamant
5 ayant des tailles suffisantes, surtout dans le domaine de la micro-électronique.

Les procédés de synthèse mis au point jusqu'à présent font intervenir des conditions de croissance extrêmes : hautes pressions, hautes
10 températures, plasmas, dépôts chimiques en phase vapeur et techniques de détonation de TNT.

Il en résulte la fabrication de cristaux qui ont de faibles dimensions (les plus petits ne mesurent pas plus de 4 nm) et dont l'assemblage n'a pas
15 permis l'obtention de cristaux de plus grandes dimensions.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents et propose, pour
20 ce faire, une structure ayant des propriétés électroniques, chimiques et structurales proches de celles du diamant, ce qui permet d'obtenir une base sur laquelle la croissance de couches de diamant peut avoir lieu dans les mêmes conditions : même élément chimique
25 (le carbone), mêmes propriétés électroniques (configuration sp^3) et désaccord de maille le plus faible possible entre le substrat et le cristal de diamant.

De façon précise, la présente invention a pour objet une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant, cette couche étant caractérisée en ce qu'elle est formée sur la surface d'un substrat monocristallin en SiC et s'étend sensiblement sur la totalité de ce substrat.

Selon un premier mode de réalisation particulier de la couche monoatomique et monocristalline objet de l'invention, le substrat monocristallin en SiC est une couche mince de SiC monocristallin en phase cubique β -SiC (100) formée sur une plaquette (« wafer ») de Si, la couche monoatomique et monocristalline recouvrant ainsi sensiblement la totalité de cette plaquette.

Selon un deuxième mode de réalisation particulier, le substrat monocristallin en SiC est une plaquette de SiC monocristallin en phase hexagonale, la couche monoatomique et monocristalline recouvrant ainsi sensiblement la totalité de cette plaquette.

A partir de la couche monoatomique et monocristalline objet de l'invention, on peut obtenir une couche monocristalline de diamant qui surmonte la couche monoatomique et monocristalline et qui est formée par croissance à partir de cette couche monoatomique et monocristalline, cette dernière servant de matrice.

La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant, ce procédé étant caractérisé en ce qu'on forme un substrat monocristallin en SiC terminé par un plan

atomique de carbone selon une reconstruction $c(2 \times 2)$, ce plan étant un plan de dimères carbone-carbone de configuration sp , et en ce qu'on effectue au moins un recuit de ce substrat, ce recuit étant apte à transformer le plan de dimères carbone-carbone de configuration sp en un plan de dimères carbone-carbone de configuration sp^3 formant ainsi une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant.

10 Selon un premier mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, le substrat monocristallin en SiC est préparé à partir d'une couche mince de SiC monocristallin en phase cubique β -SiC ayant une face (100) terminée par une
15 couche de Si.

Selon un deuxième mode de mise en oeuvre particulier, le substrat monocristallin en SiC est préparé à partir d'une couche mince d'une plaquette de SiC monocristallin en phase hexagonale ayant une face
20 (1000) terminée par une couche de Si.

Pour obtenir le plan atomique de carbone selon la reconstruction $c(2 \times 2)$, on peut effectuer un recuit apte à éliminer la couche de Si ou effectuer un dépôt de molécules hydrocarbonées sur la couche de Si
25 puis un craquage (« cracking ») de ces molécules.

Les molécules hydrocarbonées peuvent être choisies dans le groupe comprenant les molécules de C_2H_4 et les molécules de C_2H_2 .

Selon un mode de mise en oeuvre particulier
30 de l'invention, pour transformer le plan de dimères carbone-carbone de configuration sp en un plan de

dimères carbone-carbone de configuration sp^3 , on effectue un recuit ou une pluralité de recuits successifs, à une température environ égale à 1250°C, du substrat monocristallin en SiC terminé par le plan atomique de carbone selon la reconstruction $c(2 \times 2)$, la durée totale de recuit étant supérieure ou environ égale à 25 minutes.

La présente invention permet de disposer d'un substrat ayant des caractéristiques très voisines de celles du diamant : même élément chimique (le carbone), même type de liaison (sp^3), même propriétés électroniques et même structure à ceci près que le paramètre de maille du substrat est plus grand que celui du diamant.

Ce substrat présente néanmoins le plus faible désaccord de maille possible avec le diamant quand on le compare à d'autres substrats tels que le silicium ou certains isolants.

Le contrôle, à l'échelle atomique, de la phase de nucléation sur une surface de SiC terminée carbone conformément à l'invention permet d'avoir un motif structural désiré identique à celui du diamant.

On dispose donc, à l'échelle atomique, d'une matrice permettant de faire croître une couche plus épaisse, monocristalline, de diamant.

Cette matrice est susceptible d'avoir une grande surface, comparable à celle des plaquettes de silicium ou de carbure de silicium.

Il convient de noter que l'invention a été rendue possible par la parfaite maîtrise, à l'échelle atomique, des différentes compositions et

reconstructions des surfaces du β -SiC (100), en particulier les surfaces de β -SiC (100) 3×2 , β -SiC (100) $c(4 \times 2)$ et β -SiC (100) $c(2 \times 2)$.

A ce sujet, on consultera les documents [1] à [10] qui, comme les autres documents cités par la suite, sont mentionnés à la fin de la présente description.

Des travaux de microscopie à effet tunnel ont confirmé l'idée que les surfaces obtenues étaient, contrairement à toute attente et compte tenu de l'état de la technique, (a) de très grande qualité (comparable à celle qui est obtenue sur les surfaces de silicium), avec une faible densité de défauts, (b) plates et (c) sans ondulations (« corrugations »).

15 BRÈVE DESCRIPTION DU DESSIN

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence à la figure unique annexée qui est une vue de dessus schématique d'une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant conforme à l'invention, en cours de formation.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

25 La fabrication d'une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant conforme à l'invention est par exemple effectuée dans une enceinte

étanche (non représentée), maintenue à une pression inférieure à 5×10^{-9} Pa ou sous atmosphère neutre.

On utilise par exemple un substrat de carbure de silicium constitué par un film monocristallin très mince, d'une épaisseur de l'ordre
5 1 μm , de carbure de silicium en phase cubique $\beta\text{-SiC}$ (100).

Ce substrat peut être obtenu par dépôt chimique en phase vapeur d'un premier composé gazeux
10 contenant du carbone et d'un deuxième composé gazeux contenant du silicium sur une surface vicinale de Si (100) désorientée de 4° .

A titre d'exemple, le premier composé gazeux est C_3H_8 et le deuxième composé gazeux est SiH_4 .

15 On peut aussi utiliser, en tant que substrat, un monocristal de SiC massif.

A ce sujet, on consultera les documents [5], [6] et [7].

A partir de ce substrat dont la surface est terminée Si (c'est-à-dire terminée par une couche atomique de silicium) on prépare ensuite une surface de
20 carbure de silicium cubique ($\beta\text{-SiC}$ (100)) terminée par un plan atomique de carbone selon une reconstruction $c(2 \times 2)$.

25 A ce sujet on consultera les documents [11], [12], [13] et [14].

Pour préparer cette surface, on élimine sélectivement le plan de silicium par recuit thermique à une température d'environ 1200°C pendant environ
30 10 minutes.

Au lieu de cela on peut effectuer, sur la couche de silicium, un dépôt de molécules hydrocarbonées, par exemple un dépôt de molécules de C_2H_4 ou de C_2H_2 , puis un craquage de ces molécules à 950 °C.

A ce sujet on consultera les documents [1] à [4] et [11] à [14].

On obtient ainsi la surface terminée C, c'est-à-dire terminée par un plan atomique de carbone, et reconstruite $c(2 \times 2)$.

Ce plan atomique de carbone est un plan de dimères carbone - carbone de configuration sp : dans chaque dimère les deux atomes de carbone sont liés par une triple liaison $C \equiv C$.

Ensuite, pour obtenir la couche monoatomique de carbone de type diamant, on transforme le plan de dimères de configuration sp en un plan de dimères carbone - carbone de configuration sp^3 .

Pour ce faire, on effectue un recuit ou une pluralité de recuits successifs de la surface, la température de recuit et la durée totale de recuit étant choisies pour recouvrir la surface de ces dimères de configuration sp^3 .

A titre d'exemple, on effectue un seul recuit à environ 1250 °C pendant au moins 25 minutes ou plusieurs recuits successifs à environ 1250 °C pendant des temps respectifs dont le total vaut au moins 25 minutes (par exemple deux recuits à 1250 °C, le premier pendant 15 minutes et le deuxième pendant 23 minutes).

Au lieu de cela on pourrait chauffer le substrat pendant moins de 25 minutes mais à une température supérieure à 1250 °C .

La figure unique annexée est une vue de
5 dessus schématique de la couche de carbone de type diamant conforme à l'invention en cours de formation sur un substrat 2 en SiC.

On voit les dimères $C\equiv C$ de type sp qui ont la référence 4 et, en dessous de ceux-ci, les atomes de
10 silicium qui ont la référence 6.

Lors du recuit ou des recuits successifs il se produit une rupture des liaisons triples et un réarrangement des atomes de carbone pour former des liaisons simples sous la forme de dimères C-C de type
15 sp^3 , qui ont la référence 8, ces liaisons simples étant perpendiculaires aux liaisons triples précédentes, la référence 10 correspondant à la liaison pendante de chaque dimère C-C.

On obtient ainsi des chaînes d'atome de
20 carbone telles que la chaîne 12 et, avec une durée suffisante du recuit ou avec une séquence de recuits de durée totale suffisante, le nombre de chaînes d'atomes de carbone augmente pour arriver à un état où ces atomes de carbone couvrent toute la surface du substrat
25 2 pour former une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant.

On dispose ainsi d'un procédé relativement simple (recuit thermique ou séquence de recuits thermiques) sur un matériau commercialement disponible
30 à savoir le carbure de silicium cubique.

Celui-ci existe dans le commerce sous la forme de couches minces sur des plaquettes de silicium de 10 cm de diamètre.

5 L'invention permet donc la croissance de cristaux de diamant ayant des dimensions comparables à celles des autres semiconducteurs.

Dans l'exemple considéré, on a utilisé une face (100) d'un substrat de SiC mais au lieu de cela on pourrait utiliser une face (111).

10 De plus, dans cet exemple, on a utilisé un substrat de carbure de silicium cubique mais l'invention peut aussi être mise en oeuvre avec un substrat de carbure de silicium hexagonal avec une face (1000) terminée Si.

15 Cette face a la même structure que le β -SiC (111) cubique.

A ce sujet on consultera le document [1].

20 Il convient de noter que des plaquettes de monocristaux de carbure de silicium hexagonal (phases 4H et 6H) de 0,5 mm d'épaisseur sont commercialement disponibles, avec des diamètres allant jusqu'à trois pouces (environ 7,5 cm).

25 Lorsqu'on a fabriqué une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant conformément à l'invention, on est capable de faire croître, sur cette couche, une couche monocristalline de diamant par une méthode connue. A ce sujet on consultera par exemple le document [15].

APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Les domaines d'application de la présente invention sont extrêmement étendus : micro-électronique, optoélectronique, micromécanique et biomatériaux (prothèses).

5 En électronique, le diamant est potentiellement le meilleur semiconducteur possible avec des caractéristiques exceptionnelles. Il est susceptible de conduire à la fabrication de dispositifs ayant des performances jamais atteintes.

10 En optoélectronique, le diamant est un matériau dont la surface peut fonctionner en régime d'électro-affinité négative, ce qui présente un grand intérêt pour des photocathodes ultra-sensibles (en particulier pour la vision nocturne et pour les caméras
15 vidéo). De plus, ces propriétés d'électro-affinité négative sont susceptibles de conduire à la réalisation de cathodes à micropointes (« microtips ») pour l'émission par effet de champ, cathodes avec lesquelles on peut réaliser des écrans vidéo plats.

20 Le diamant est aussi un excellent matériau utilisable dans la réalisation de détecteurs de rayons X.

De plus, en micromécanique, le diamant peut fournir des revêtements très durs.

25 Et, dans le domaine des biomatériaux, le diamant est sinon le meilleur du moins l'un des meilleurs matériaux biocompatibles et peut servir de base à la fabrication de prothèses ou d'implants.

30 Le développement de techniques microélectroniques avec le diamant nécessite de

disposer de substrats en diamant de grande taille, ce que permet la présente invention.

Les documents cités dans la présente
5 description sont les suivants :

- [1] P. Soukiassian, F. Semond, L. Douillard, A. Mayne, G. Dujardin, I. Pizzagalli et C. Joachim, Phys. Rev. Lett. 78, 907 (1997).
- 10 [2] V. Yu Aristov, L. Douillard, O. Fauchoux et P. Soukiassian, Phys. Rev. Lett. 79, 3700 (1997).
- [3] P. Soukiassian, F. Semond, A. Mayne et G. Dujardin, Phys. Rev. Lett. 79, 2498 (1997).
- 15 [4] G. Dujardin, A. Mayne, F. Semond et P. Soukiassian, demande de brevet français n° 9615435 du 16 décembre 1996 au nom de C.E.A. et C.N.R.S. (FR2757183A) - voir aussi WO98/27578 publié le 25 juin 1998.
- [5] M. Riehl-Chudoba, P. Soukiassian et C. Jaussaud, J. Appl. Phys. 76, 1332 (1994).
- 20 [6] M. Reihl-Chudoba, S. Dupont et P. Soukiassian, Surf. Sci. 331-333, 625 (1995).
- [7] M. Riehl-Chudoba, P. Soukiassian, C. Jaussaud et S. Dupont, Phys. Rev. B 51, 14300 (1995).
- 25 [8] F. Semond, P. Soukiassian, P.S. Mangat et L. di Cioccio, J. Vac. Sci. Tech. B 13, 1591 (1995).

- [9] F. Semond, L. Douillard, P. Soukiassian, D. Dunham, F. Amy et S. Rivillon, Appl. Phys. Lett. 68, 2144 (1996).
- 5 [10] F. Semond, P. Soukiassian, P.S. Mangat, Z. Hurych, L. di Cioccio et C. Jaussaud, Appl. Surf. Sci. 104-105, 79(1996).
- [11] V.M. Bermudez, Phys. Stat. Sol. (b) 202, 447 (1997).
- 10 [12] J.M. Powers, A. Wander, P.J. Rous, M.A. Van Hove et G.A. Somorjai, Phys. Rev. B 44, 11159 (1991).
- [13] J.P. Long, V.M. Bermudez et D.E. Ramaker, Phys. Rev. Lett. 76, 1991 (1996).
- 15 [14] F. Semond, P. Soukiassian, A. Mayne, G. Dujardin, L. Douillard et C. Jaussaud, Phys. Rev. Lett. 77, 2013 (1996).
- [15] T. Aizawa, T. Ando, M. Kamo et Y. Sato, Phys. Rev. B 48, 18348 (1993).

REVENDICATIONS

1. Couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant, cette couche étant caractérisée en ce qu'elle est formée sur la surface d'un substrat monocristallin en SiC et s'étend sensiblement sur la totalité de ce substrat (2).

2. Couche monoatomique et monocristalline selon la revendication 1, le substrat monocristallin en SiC étant une couche mince (2) de SiC monocristallin en phase cubique β -SiC (100) formée sur une plaquette de Si, la couche monoatomique et monocristalline recouvrant ainsi sensiblement la totalité de cette plaquette.

3. Couche monoatomique et monocristalline selon la revendication 1, le substrat monocristallin en SiC étant une plaquette de SiC monocristallin en phase hexagonale, la couche monoatomique et monocristalline recouvrant ainsi sensiblement la totalité de cette plaquette.

4. Couche monoatomique et monocristalline selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, surmontée d'une couche monocristalline de diamant formée par croissance à partir de la couche monoatomique et monocristalline, cette dernière servant de matrice.

5. Procédé de fabrication d'une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant, ce procédé étant caractérisé en ce qu'on forme un substrat monocristallin en SiC terminé par un plan atomique de carbone selon une reconstruction $c(2 \times 2)$, ce plan étant un plan de dimères carbone-carbone (4) de

configuration sp , et en ce qu'on effectue au moins un recuit de ce substrat, ce recuit étant apte à transformer le plan de dimères carbone-carbone (4) de configuration sp en un plan de dimères carbone-carbone (8) de configuration sp^3 formant ainsi une couche monoatomique et monocristalline de carbone de type diamant.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le substrat monocristallin en SiC est préparé à partir d'une couche mince de SiC monocristallin en phase cubique β -SiC ayant une face (100) terminée par une couche de Si.

7. Procédé selon la revendication 5, dans lequel le substrat monocristallin en SiC est préparé à partir d'une plaquette de SiC monocristallin en phase hexagonale ayant une face (1000) terminée par une couche de Si.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, dans lequel, pour obtenir le plan atomique de carbone selon la reconstruction $c(2 \times 2)$, on effectue un recuit apte à éliminer la couche de Si.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, dans lequel, pour obtenir le plan atomique de carbone selon la reconstruction $c(2 \times 2)$, on effectue un dépôt de molécules hydrocarbonées sur la couche de Si puis un craquage de ces molécules.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel les molécules hydrocarbonées sont choisies dans

le groupe comprenant les molécules de C_2H_4 et les molécules de C_2H_2 .

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 10, dans lequel, pour transformer le
- 5 plan de dimères carbone-carbone de configuration sp en un plan de dimères carbone-carbone de configuration sp^3 , on effectue un recuit ou une pluralité de recuits successifs, à une température environ égale à $1250^\circ C$, du substrat monocristallin en SiC terminé par le plan
- 10 atomique de carbone selon la reconstruction $c(2 \times 2)$, la durée totale de recuit étant supérieure ou environ égale à 25 minutes.

